

Family list

1 family member for: **JP7015049**

Derived from 1 application

1 SUPERCONDUCTING MULTILAYERED THIN FILM

Inventor: SATO TETSURO; FUJITA JUNICHI; (+1) **Applicant:** NIPPON ELECTRIC CO

EC: **IPC:** C23C14/08; H01L39/02; H01L39/22 (+6)

Publication info: JP7015049 A - 1995-01-17

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

SUPERCONDUCTING MULTILAYERED THIN FILM

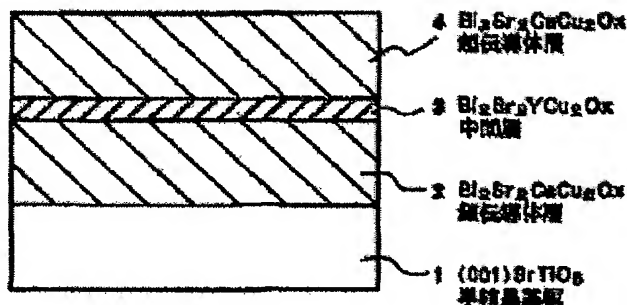
Patent number: JP7015049
Publication date: 1995-01-17
Inventor: SATO TETSURO; FUJITA JUNICHI; YOSHITAKE TSUTOMU
Applicant: NIPPON ELECTRIC CO
Classification:
- international: **C23C14/08; H01L39/02; H01L39/22; C23C14/08; H01L39/02; H01L39/22; (IPC1-7): H01L39/22; C23C14/08; H01L39/02**
- european:
Application number: JP19930152040 19930623
Priority number(s): JP19930152040 19930623

Report a data error here

Abstract of JP7015049

PURPOSE: To provide a Bi-Sr-Ca-Cu-O based superconducting multilayered thin film having an intermediate layer suitable for the formation of a multilayered Josephson junction.

CONSTITUTION: Structure wherein a $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{YCu}_2\text{O}_x$ intermediate layer 3 is sandwiched by $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ superconductor layers 2, 4 is formed on an SrTiO_3 single crystal substrate 1. Similarly to Bi based superconductor, the intermediate layer has a crystal structure whose base is perovskite structure, so that a layer of sufficiently uniform thickness can be epitaxially grown between Bi based superconductor layers 2, 4 without mutual diffusion. Hence a superconducting multilayered thin film suitable for a multilayered Josephson junction can be formed.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-15049

(43) 公開日 平成7年(1995)1月17日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 39/22	Z A A C	9276-4M		
C 2 3 C 14/08		L 0827-4K		
H 0 1 L 39/02	Z A A B	9276-4M		

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平5-152040

(22) 出願日 平成5年(1993)6月23日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社
東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 佐藤 哲朗

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 藤田 淳一

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 吉武 務

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

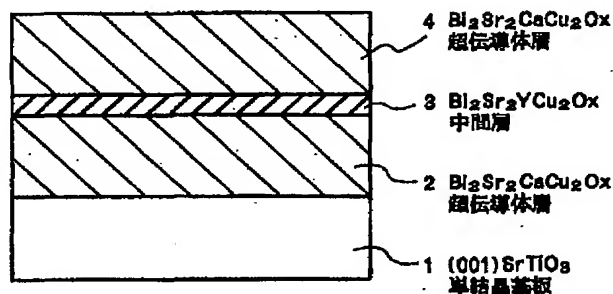
(74) 代理人 弁理士 京本 直樹 (外2名)

(54) 【発明の名称】 超伝導積層薄膜

(57) 【要約】

【目的】 積層型ジョセフソン接合の作製に適した中間層を有するBi-Sr-Ca-Cu-O系超伝導積層薄膜を提供する。

【構成】 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{YCu}_2\text{O}_x$ 中間層3を $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ 超伝導体層2、4ではさんだ構造を、 SrTiO_3 単結晶基板1上に作製する。この中間層はBi系超伝導体と同様ペロブスカイト構造を基本とする結晶構造を持っており、Bi系超伝導体層2、4の間に、相互拡散なしで、十分に均一な厚さでエピタキシャル成長できる。従って積層型ジョセフソン接合に適した超伝導積層薄膜を作製できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 Bi-Sr-Ca-R-Cu-O (RはY, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Luのうち少なくとも一種類を含む) で表される中間層と、それをはさむ Bi-Sr-Ca-Cu-O 系超伝導体層を基板上に設けたことを特徴とする超伝導積層薄膜。

【請求項2】 M-Cu-O (MはBa, Sr, Ca, Nd, Laのうち少なくとも一種類を含む) で表される中間層と、それをはさむ Bi-Sr-Ca-Cu-O 系超伝導体層を基板上に設けたことを特徴とする超伝導積層薄膜。

【請求項3】 Bi-AE-Co-O (AEはBa, Sr, Caのうち少なくとも一種類を含む) で表される中間層と、それをはさむ Bi-Sr-Ca-Cu-O 系超伝導体層を基板上に設けたことを特徴とする超伝導積層薄膜。

【請求項4】 基板と接する Bi-Sr-Cu-O 緩衝層を設けたことを特徴とする、請求項1、2または3に記載の超伝導積層薄膜。

【請求項5】 基板を構成する物質の所定の結晶面から所定の角度だけ傾斜させた表面を持つ基板を用いることを特徴とする、請求項1、2、3または4に記載の超伝導積層薄膜。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は比較的高温で動作する積層型ジョセフソン接合を作製するための、高い臨界温度(T_c)を有するBi系超伝導酸化物層により中間層をはさんだ構造を持つ超伝導積層薄膜に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 高い T_c を持つBi系酸化物超伝導体の発見以来、その高い T_c をもたらし超伝導機構の解明のための基礎研究や電子素子等への応用研究が活発におこなわれている。Bi系超伝導体は80K~110Kという高い T_c を持つため、その使用に際しては、77Kの沸点を持つ安価な液体窒素を冷媒として使用することが可能で、またその低温の維持のための設備も簡単なものですむという長所を持っている。このため、従来の低い T_c を持つ物質を用いて実現した超伝導電子素子を、高い T_c を持つBi系超伝導体を用いて実現することは、産業上大きな貢献となる。

【0003】 このBi系超伝導体を用いて超伝導電子素子を作製する際、この素子の重要な構成部分であるジョセフソン接合を再現性および制御性良く作製する必要がある。このための方法として、非超伝導体中間層を超伝導体ではさんだ積層構造を作製する技術が一般的である。この中間層を構成する非超伝導物質としては、Bi系超伝導体と結晶構造が似ておりBi系超伝導薄膜上に

十分平坦に成長すること、薄膜成長温度においてBi系超伝導体との相互拡散が小さいこと、低温で比抵抗が十分高いこと(トンネル接合の場合)または十分低いこと(近接効果による弱結合の場合)などの条件を満足する必要がある。

【0004】 Bi系超伝導積層薄膜の中間層として、従来の低 T_c 超伝導積層構造で用いられていたAl酸化物やAuをそのまま用いると、相互拡散やBi系超伝導薄膜の結晶配向性の乱れ等の問題が発生し、良質の超伝導積層薄膜の作製が困難となる。そこで中間層に用いる物質としてこれまでBi-Sr-Cu-O酸化物等が用いられているが、いずれの物質もBi系超伝導層上に均一に成長させることが困難で、そのためこれらの物質を中間層に用いたジョセフソン接合中の電流分布には、十分な均一性が得られないという問題点があった。

【0005】 また均一な厚さを持つ中間層を作製するにはBi系超伝導体層自身が十分に平坦でなければならない。しかし従来異相の発生等を抑えることは困難であったため、均一な電流分布を持つジョセフソン接合を作製することは困難だった。

【0006】 またBi系超伝導体の超伝導コヒーレンス長の異方性を考えると、ジョセフソン接合内で電流をBi系超伝導体のa b軸方向に流すことが望ましい。しかし積層型ジョセフソン接合においてa b軸方向に電流を流そうとすると、積層薄膜はa b軸配向薄膜であるか、あるいは(110)配向薄膜であることなど、積層薄膜の垂直方向にa b軸成分を持つ薄膜であることが要求される。しかしBi系超伝導体薄膜ではc軸配向薄膜が中心で、ジョセフソン接合に適した十分な平坦性を持ったa b軸配向薄膜成長は成功していない。また(110)配向薄膜などa b軸が基板表面に対して大きな角度で傾斜している薄膜は表面平坦性が著しく悪く、積層型ジョセフソン接合作製には適していない。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の目的は、積層薄膜で用いられる中間層としてBi系超伝導体に良く適した物質を選び、また場合によっては緩衝層を設けることにより異相の発生を抑えることによって、界面における相互拡散やBi系超伝導薄膜の結晶配向性の乱れ等がなく、十分均一な膜厚の中間層を持つ良質のBi系超伝導積層薄膜を提供すること、および薄膜の垂直方向にa b軸成分を持ち、しかも積層型ジョセフソン接合作製に十分な平坦性を持つ、前記の良質なBi系超伝導積層薄膜を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明は Bi-Sr-Ca-R-Cu-O (RはY, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Luのうちの少なくとも一種類を含む) で表される中間層、または、 M-Cu-O (MはBa, Sr, Ca, N

d, Laのうち少なくとも一種類を含む)で表される中間層、または、Bi-AE-Co-O (ABはBa, Sr, Caのうちの少なくとも一種類を含む)で表される中間層と、それをはさむBi-Sr-Ca-Cu-O系超伝導層を基板上に設けたことを特徴とする超伝導積層薄膜である。

【0009】または基板と接するBi-Sr-Cu-O緩衝層を設けたことを特徴とする、前記のいずれかの超伝導積層薄膜である。

【0010】または基板を構成する物質の所定の結晶面から所定の角度だけ傾斜させた表面を持つ基板を用いることを特徴とする、前記のいずれかの超伝導積層薄膜である。

【0011】

【作用】Bi-Sr-Ca-R-Cu-O、M-Cu-O、Bi-AE-Co-O酸化物を中間層として用いたのは、Bi系超伝導体と同様ペロブスカイト構造を基本とする結晶構造を持っており、Bi系超伝導体層の上にこれらの中間層を十分に均一な厚さでエピタキシャル成長させること、および逆にBi-Sr-Ca-R-Cu-O酸化物層の上にBi系超伝導体層をエピタキシャル成長させることが可能であること、Bi系超伝導体層との間の相互拡散が小さいこと、低温で充分高い比抵抗 (Bi-Sr-Ca-R-Cu-O) または十分低い比抵抗 (M-Cu-O、Bi-AE-Co-O) を持つことが理由である。

【0012】基板と接するBi-Sr-Cu-O緩衝層を設けたのは、その上に堆積する薄膜の平坦性向上、特に異相の発生の抑制のためである。

【0013】または基板を構成する物質の所定の結晶面から所定の角度だけ傾斜させた表面を持つ基板を用いるのは、積層薄膜の垂直方向にa b軸成分を持ち、しかも積層型ジョセフソン接合作製に十分な平坦性を持つ積層薄膜を作製するためである。

【0014】

【実施例】(実施例1) 図1は本発明によるBi系超伝導積層薄膜の概略図である。基板1には(001) SrTiO₃ 単結晶基板を用いた。基板の大きさは15mm角で厚さは0.5mmである。基板上にまずBi₂Sr₂CaCu₂O₈ 超伝導体層2を堆積させ、その上にBi₂Sr₂YCu₂O₈ 中間層3を、最後にその上にBi₂Sr₂CaCu₂O₈ 超伝導体層4を堆積させて積層薄膜を作製した。成長手法は多元マグネトロンスパッタリング法を用いた。ターゲットは各層にそれぞれ1枚ずつ割り振り、Bi_{2.5}Sr_{2.0}Ca_{0.8}Cu_{2.4}O₈、およびBi_{2.6}Sr_{2.0}Y_{1.0}Cu_{2.4}O₈ という組成の焼結ターゲットを用いた。成長中の基板温度は700~750℃、スパッタガスはArおよびOで、Ar:O=1:1で、全ガス圧は50~200mTorrとした。作製した積層薄膜の各層の厚さ

は上下のBi₂Sr₂CaCu₂O₈ 超伝導層がいずれも約100nm、Bi₂Sr₂YCu₂O₈ 中間層が約20nmであった。

【0015】積層薄膜を2次イオン質量分析装置(SIMS)で分析したところ、各層は相互拡散せず堆積されており、良質の積層薄膜が作製されていることが確認された。各層が均一な厚さを持ち相互拡散していないことは、高分解能電子顕微鏡による積層薄膜断面の観察によっても確認された。またこの積層薄膜をX線回折法および電子線回折法で調べると、各層ともc軸が基板表面に垂直で、かつ基板の<110>方向と積層薄膜を構成する各酸化物の<100>方向とが平行となるエピタキシャル成長をしていることが確認された。なおX線回折法で調べた結果、Bi₂Sr₂CaCu₂O₈、酸化物相およびBi₂Sr₂YCu₂O₈、酸化物相以外の相は薄膜中に存在していないことが確認された。積層薄膜の表面および同条件で作製した各単層薄膜の表面を2次電子顕微鏡および原子間力顕微鏡で観察したところ、表面は10nm程度の凹凸がみられるだけの平坦さで、異相の発生も20×20μm²に1個程度であることが確認された。4端子法でBi₂Sr₂CaCu₂O₈超伝導体層2, 4の抵抗の温度変化を測定したところ、いずれの層ともに70K以上のT_cを持つことが確認され、良質のBi₂Sr₂CaCu₂O₈ 超伝導体層が作製されていることがわかった。

【0016】なお、中間層にSr_{0.9}Nd_{0.1}CuO₈、Bi₂Sr₃Co₂O₈を用いても同様の結果が得られた。

【0017】(実施例2) 図2は本発明によるBi系超伝導積層薄膜の概略図である。基板11には(001) SrTiO₃ 単結晶基板を用いた。基板の大きさは15mm角で厚さは0.5mmである。基板上にまずBi₂Sr₂CaCu₂O₈ 超伝導体層12を堆積させ、その上にBi₂Sr₂YCu₂O₈ 中間層13を、最後にその上にBi₂Sr₂CaCu₂O₈ 超伝導体層14を堆積させて積層薄膜を作製した。成長手法は多元マグネトロンスパッタリング法を用いた。Bi_{2.2}Sr_{2.1}Cu_{1.0}O₈、Bi_{2.5}Sr_{2.0}Ca_{0.8}Cu_{2.4}O₈、およびBi_{2.6}Sr_{2.0}Y_{1.0}Cu_{2.4}O₈ という組成の焼結ターゲットを用いた。成長中の基板温度は700℃~750℃、スパッタガスはArおよびOで、Ar:O=1:1で、全ガス圧は50~200mTorrとした。作製した積層薄膜の各層の厚さは緩衝層が約10nm、上下のBi₂Sr₂CaCu₂O₈ 超伝導層がいずれも約100nm、Bi₂Sr₂YCu₂O₈ 中間層が約20nmであった。

【0018】積層薄膜の表面および同条件で作製した各単層薄膜の表面を2次電子顕微鏡および原子間力顕微鏡で観察したところ、表面は5nm程度の凹凸がみられる

だけの平坦さであり、また実施例1の場合と比較して異相の発生が非常に少なく、ほとんど異相が観察されないことが確認された。

【0019】なお、中間層に $\text{Sr}_{0.9}\text{Nd}_{0.1}\text{CuO}_x$ 、 $\text{Bi}_2\text{Sr}_3\text{Co}_2\text{O}_x$ を用いても同様の結果が得られた。

【0020】(実施例3)図3は本発明によるBi系超伝導積層薄膜の概略図である。基板21に用いた SrTiO_3 単結晶基板は、その法線が $\langle 100 \rangle$ から $\langle 111 \rangle$ に向かって 4° 傾いた表面を持っているものを用いた。この傾斜角度が 2° 以上の基板を用いれば、その上に成長させる積層薄膜の a b 軸方向を基板表面に対して同じ角度だけ傾斜させることができた。基板の大きさは15mm角で厚さは0.5mmである。基板上にまず $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}_x$ 緩衝層25を堆積した。次にその上に $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ 超伝導層22を堆積させ、その上に $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{YCu}_2\text{O}_x$ 中間層23を、最後にその上に $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ 超伝導層24を堆積させて積層薄膜を作製した。成長手法は多元マグネトロンスパッタリング法を用いた。成長中の基板温度は $700\sim 750^\circ\text{C}$ 、スパッタガスはArおよびOで、 $\text{Ar}:\text{O}=1:1$ で、全ガス圧は $50\sim 200\text{mTorr}$ とした。作製した積層薄膜の各層の厚さは緩衝層が約10nm、上下の $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ 超伝導層がいずれも約100nm、 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{YCu}_2\text{O}_x$ 中間層が約20nmであった。

【0021】この積層薄膜をX線および電子線回折法、電子顕微鏡法で調べると、各層とも c 軸が基板表面ではなく基板の $\langle 100 \rangle$ に垂直で、積層薄膜の垂直方向に*

* a b 軸成分を持ち、積層型ジョセフソン接合に適した構造になっていることが確認された。積層薄膜の表面および同条件で作製した各単層薄膜の表面を2次電子顕微鏡および原子間力顕微鏡で観察したところ、表面は基板傾斜の影響で $5\sim 10\text{nm}$ 程度の階段状の構造がみられるものの、異相の発生は実施例2と同様に少なく、十分平坦であることが確認された。

【0022】なお、中間層に $\text{Sr}_{0.9}\text{Nd}_{0.1}\text{CuO}_x$ 、 $\text{Bi}_2\text{Sr}_3\text{Co}_2\text{O}_x$ を用いても同様の結果が得られた。

【0023】

【発明の効果】本発明は界面における相互拡散やBi系超伝導薄膜の結晶配向性の乱れ等がなく、十分均一な膜厚の中間層を持つ良質のBi系超伝導積層薄膜を提供するものであり、Bi系超伝導体の超伝導電子素子への応用上効果が大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるBi系超伝導積層薄膜の概略図である。

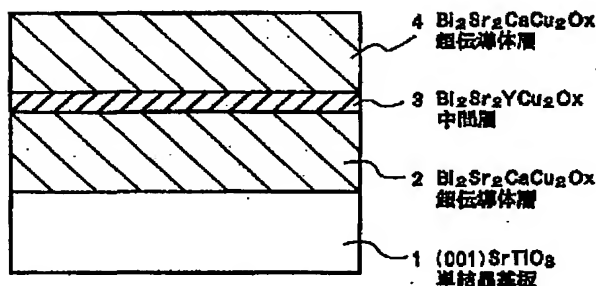
【図2】本発明によるBi系超伝導積層薄膜の概略図である。

【図3】本発明によるBi系超伝導積層薄膜の概略図である。

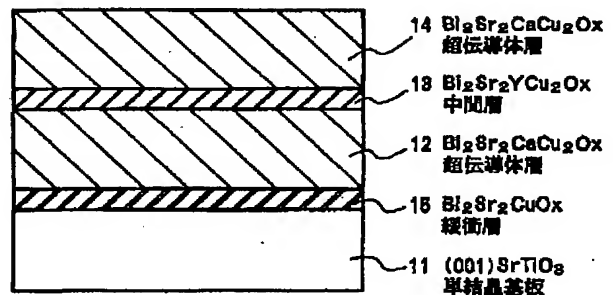
【符号の説明】

- 1, 11, 21 SrTiO_3 基板
- 2, 4, 12, 14, 22, 24 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ 超伝導層
- 23 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{YCu}_2\text{O}_x$ 中間層
- 25 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}_x$ 緩衝層

【図1】



【図2】



【図3】

